昆 虫 学 报 *Acta Entomologica Sinica*，October 2006，49(5)：775 – 779 ISSN 0454-6296

斜纹夜蛾核型多角体病毒与两种亚致死剂量的农药混用对斜纹夜蛾体内三种抗氧化酶活性的影响

张 慧[1,2]，王晓容[1,*]，匡石滋[1]，吴洁芳[1]，吕作舟[2]

(1. 广东省农业科学院果树研究所，广州 510640；
2. 华中农业大学植物科学技术学院，武汉 430070)

摘要：在(28 ± 1)℃下，以斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 为靶标昆虫，测定亚致死剂量的乐斯本、除尽与斜纹夜蛾核型多角体病毒(SlNPV)混用后对幼虫 SOD(超氧化物歧化酶)、CAT(过氧化氢酶)和 POD(过氧化物酶)活性的影响。结果表明，乐斯本和 SlNPV 混合悬液处理后斜纹夜蛾体内 SOD 活性显著高于清水、病毒和乐斯本单独处理组，12 h、24 h 和 36 h 时分别为清水对照的 1.18、1.35 和 1.25 倍；除尽和 SlNPV 混合悬液处理后 12 h，其酶活性低于清水、SlNPV 和除尽单独处理组。乐斯本和病毒混合悬液处理后，斜纹夜蛾体内 CAT 活性高于清水、病毒和乐斯本单独处理组，12 h、24 h 和 36 h 时分别为清水对照组的 2.79、1.09 和 1.53 倍；除尽和病毒的混合悬液处理后，其酶活性除 12 h 时明显高于清水对照外，其他时间均低于清水对照。在正常和中毒的斜纹夜蛾体内均未测出 POD 活性。可见，农药与病毒混合处理主要影响了 CAT 活性。

关键词：斜纹夜蛾；超氧化物歧化酶；过氧化氢酶；过氧化物酶；乐斯本；除尽；核型多角体病毒

中图分类号：Q965 **文献标识码**：A **文章编号**：0454-6296(2006)05-0775-05

Effect of sublethal concentration of insecticides and SlNPV on the activities of SOD，CAT and POD in *Spodoptera litura*

ZHANG Hui[1,2]，WANG Xiao-Rong[1,*]，KUANG Shi-Zi[1]，WU Jie-Fang[1]，LU Zuo-Zhou[2] (1. Institute of Pomology，Guangdong Academy of Agricultural Sciences，Guangzhou 510640，China；2. College of Plant Science and Technology，Huazhong Agricultural University，Wuhan 430070，China)

Abstract：The sublethal effect of insecticides and SlNPV on the activities of superoxide (SOD)，catalase (CAT) and peroxidase (POD) in *Spodoptera litura* was investigated under 28℃. The results showed that the SOD activity in the treatment of chlorpyrifos and SlNPV mixture was significantly higher than those in the treatments of chlorpyrifos，SlNPV and the water control. It was 1.18，1.35 and 1.25 times that of the water control at 12，24 and 36 h，respectively. The SOD activity in the treatment of chlorfenapyr and SlNPV mixture was lower than those in the treatments of chlorfenapyr，SlNPV and the water control after 12 h. The CAT activity in the treatment of chlorpyrifos and SlNPV mixture was significantly higher than those in the treatments of chlorpyrifos，SlNPV and the water control. It was 2.79，1.09 and 1.53 times that of the water control at 12，24 and 36 h，respectively. The CAT activity in the treatment of chlorfenapyr and SlNPV mixture was lower than those of the water control except at 12 h. POD activity could not be investigated in *S. litura*. It was obvious that there was a great difference in the activity of CAT mostly after treatment of the mixture of insecticides and SlNPV.

Key words：*Spodoptera litura*；SOD；CAT；POD；chlorpyrifos；chlorfenapyr；nucleopolyhedrovirus

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 是世界性分布的暴食性农业害虫。乐斯本是一种中等毒性的广谱有机磷杀虫剂(刘乾开和朱国念，1999)。除尽是芳基吡咯类新型化学农药，通过阻断线粒体的氧化磷酰化作

基金项目：广东省星火计划项目(2003B21602)

作者简介：张慧，女，1981 年生，山东苍山人，硕士研究生；现工作单位：山东莱州出入境检验检疫局，E-mail：willing912@sina.com.cn

* 通讯作者 Author for correspondences，E-mail：xrwang@263.net

收稿日期 Received：2006-01-19；接受日期 Accepted：2006-04-25

用，使细胞合成因缺少能量而导致害虫死亡(徐尚成和蒋木庚，2003)。斜纹夜蛾核型多角体病毒(*Spodoptera litura* nucleopolyhedrovirus，SlNPV)是生物农药，具有专一性强、对环境安全等优点(Nancy，2000)，但田间应用见效慢(匡石滋等，2005a)。化学农药与病毒混合使用，可有效地提高病毒的杀虫效果，缩短幼虫半存活时间，同时增加供试虫的最终死亡率(匡石滋等，2005b)。

研究表明，病毒侵入虫体后，在病毒增殖过程中，破坏靶标昆虫体内的酶系统(Jordao *et al*.，1996；王晓容等，2003；吴洁芳等，2004)。过氧化物歧化酶(superoxide，SOD)、过氧化氢酶(catalase，CAT)、过氧化物酶(peroxidase，POD)在消除昆虫体内过量的氧自由基方面起主要作用，能抵御低温、光活化毒素等逆境因子，维持机体正常生理功能(李周直等，1994；白东清等，2005)。正常情况下，在 SOD、POD 和 CAT 的协调作用下，细胞内氧自由基的产生与消除处于一种动态平衡状态，使自由基维持在一个低水平，从而阻止自由基的毒害。一旦保护酶系遭到破坏，导致机体内氧自由基浓度过高，自由基超强的氧化能力将破坏生物功能分子机制，使细胞功能受到威胁。

本研究以斜纹夜蛾为靶标昆虫，测定了 SlNPV 与亚致死剂量的乐斯本、除尽混用后对斜纹夜蛾幼虫体内 SOD、CAT 和 POD 的影响，旨在为病毒和农药混用增效机理寻找理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试昆虫：斜纹夜蛾在室内(28 ± 1)℃用人工饲料继代饲养 10 代以上，用长势一致的 3 龄初期幼虫作为供试虫。

供试药剂：48%的乐斯本(chlorpyrifos)乳油(美国陶氏益农公司产品)；10% 的除尽(虫螨腈 chlorfenapyr)悬浮剂(巴斯夫贸易上海有限公司产品)。供试病毒 SlNPV 为本实验室保存毒株。氯化硝基四氮唑蓝(NBT)购自上海前进化学试剂厂，核黄素和 L-甲硫氨酸(MET)购自上海伯奥生物科技有限公司，其他试剂购自广州化学试剂厂。

1.2 方法

1.2.1 感染实验：分别配制乐斯本、除尽和病毒的系列浓度，对斜纹夜蛾 3 龄幼虫进行毒力测定，设清水为对照，分别求出 2 天的乐斯本和除尽以及 7 天的病毒的半致死剂量 LC_{50} 值及亚致死剂量 LC_{17} 值(夏冰等，2002)，乐斯本的 LC_{17} 值为 0.0568 mg/mL，除尽的 LC_{17} 值为 0.0120 mg/mL，SlNPV 的 LC_{50} 值为 9.167×10^5 PIB/mL。根据上述试验结果，分别配制乐斯本、除尽、病毒、乐斯本和病毒的混合悬液、除尽和病毒的混合悬液等 5 种处理液，并设清水为对照。病毒悬液浓度为 1×10^6 PIB/mL，农药与病毒的混合悬液的配制方法，是以 1×10^6 PIB/mL 的病毒悬液为稀释液，将两种农药分别稀释成所需浓度(万成松等，2000)。

参照李周直等(1994)的方法，取发育一致的 3 龄幼虫饥饿 4 h 后待用。将配制好的人工饲料切成 2 mm 左右的薄片，浸于处理液中 10 s，取出充分吸收药液的饲料薄片，待晾干后挑入斜纹夜蛾幼虫，让其自由取食，24 h 后更换成干净的人工饲料。按不同时间点随机采集对照和处理组的存活幼虫用于酶液制备。每组处理的每个时间点每次取 10 头幼虫，重复 3 次。

1.2.2 酶液制备：将采集的幼虫放入研钵中，加入少量石英砂，按每 1 g 幼虫入 10 mL 缓冲液的剂量加入预冷的 pH 为 7.0、浓度为 0.1 mol/L 的 PBS 液，在冰浴条件下研磨，所得匀浆于16 500 × g离心 20 min。其上清液为待测的酶液。3 次重复。

1.2.3 SOD 活性测定：参照 NBT 法进行(Beauchamp and Fridovich，1971；Malecka *et al*.，2001)。反应体系中含有 80 μmol/L 的核黄素、77 μmol/L 的 NBT、13 mmol/L 的 MET、0.1 mmol/L 的 EDTA 和 50 μL 酶液。于 4 000 lx 下光照 5 min 后，遮光停止反应，测定 OD_{560}，并测定酶液的蛋白质含量。3 次重复。以 NBT 被抑制 50% 为一个活性单位(U)。酶活性以 $OD_{560}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$ 表示。

1.2.4 CAT 活性测定：参照张友军等(2003)方法。反应体系含有 0.1 mol/L pH 7.0 的 PBS、0.08% H_2O_2 和 0.05 mL 酶液。测定 OD_{240}，每 0.5 min 记数一次，共记录 10 次，取其平均值。3 次重复。测定酶液的蛋白质含量，酶活性以 $\triangle OD_{240}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$ 表示。

1.2.5 POD 活性测定：参照 Simon 等(1974)方法，略有改进。反应体系中含有 0.1 mol/L pH 6.0 的 PBS、30 mmol/L 的愈创木酚、26 mmol/L 的 H_2O_2 和酶液。30℃反应 30 min 后测定 OD_{470}，并测定酶液的蛋白质含量。3 次重复。酶活性以 $OD_{470}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$ 表示。

1.2.6 蛋白质含量测定：参照 Bradford(1976)考马斯亮蓝 G-250 法。

2　结果与分析

2.1　SlNPV 和亚致死剂量的农药对 SOD 活力的影响

2.1.1　SlNPV 和亚致死剂量的乐斯本对 SOD 活力的影响：以 SlNPV 与亚致死剂量的乐斯本混合感染斜纹夜蛾后，测定了不同中毒期试虫体内 SOD 活力变化，结果见表 1。

表 1　SlNPV 与亚致死剂量的乐斯本或除尽混合感染斜纹夜蛾幼虫后对其 SOD 活性（$OD_{560}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$）的影响

Table 1　Effect of SlNPV，sublethal concentrations of chlorpyrifos and chlorfenapyr，and their mixturess on SOD activity（$OD_{560}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$）in *Spodoptera litura*

处理时间 Time after treatment（h）	清水 Water	病毒 SlNPV	乐斯本 Chlorpyrifos	乐斯本与病毒的混合悬液 Mixture of SlNPV and chlorpyrifos	除尽 Chlorfenapyr	除尽与病毒的混合悬液 Mixture of SlNPV and chlorfenapyr
0	1.8976±0.3252 a（a）	1.8976±0.3252 a（a）	1.8976±0.3252 a	1.8976±0.3252 a	1.8976±0.3252（a）	1.8976±0.3252（a）
6	2.2247±0.2625 a（a）	1.7714±0.1851 b（c）	2.0730±0.3161 a	2.2486±0.0692 a	1.9722±0.1704（b）	2.0869±0.2387（ab）
12	2.5572±0.2098 b（ab）	2.2282±0.4034 b（bc）	2.5809±0.7848 b	3.0109±0.5615 a	1.9156±0.1980（c）	2.6236±0.7175（a）
24	1.9550±0.4061 b（a）	2.0227±0.5746 b（a）	1.7477±0.2340 b	2.6345±0.6133 a	2.0354±0.3887（a）	1.8638±0.2808（a）
36	2.4354±0.1998 b（b）	2.5532±0.6677 b（b）	2.0363±0.2747 c	3.0486±0.1244 a	3.3292±0.4186（a）	2.2250±0.3485（b）
48	1.9599±0.3785 a（b）	2.1366±0.4241 a（b）	2.1451±0.2402 a	1.6890±0.1177 b	2.5936±0.8055（a）	1.9232±0.3119（b）
72	2.6019±0.3411 a（ab）	2.8635±0.6028 a（a）	2.9840±0.7271 a	2.7261±0.9670 a	2.8101±0.0823（a）	2.4592±0.4679（b）

注 Notes：表中数据为平均值±标准误；同行数据后不带括号字母表示乐斯本与病毒处理组的差异显著性分析结果，括号内字母表示除尽与病毒处理组的差异显著性分析结果，$P=0.05$。下表相同。Data in the table are mean ± *SE*. The letters in a row represent the comparison among the treatments of chlorpyrifos and SlNPV by Duncan′s multiple range test. Correspondingly，the letters in the bracket represent the comparison among the treatments of chlorfenapyr and SlNPV. $P=0.05$. The same in the following table.

由表 1 可知，正常的斜纹夜蛾的 SOD 活力在发育过程中会有一些变化。本实验感染时间为上午 10 点至 11 点，随昼夜的变化 SOD 也有相应的变化。前两天表现出一定的规律性，白天活性低，夜晚活力增强。即在 0 h、24 h、48 h 时活力为 1.9 $OD_{560}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$左右，随着虫龄增大，SOD 活力也随之增强，这可能与虫体本身的代谢有关。在 72 h 时活力最大，为 2.6019±0.3411 $OD_{560}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$。

用乐斯本、病毒及两者混合悬液处理后，SOD 活力的变化基本遵循上述规律，但混合悬液组的 SOD 活力，在 12 h、24 h、36 h、48 h 等几个时间点与其他组有明显的差异，分别为清水对照的 1.18、1.35、1.25 和 0.86 倍，说明两者混合作用改变了 SOD 的活性。各组在 72 h 时基本处于同一水平。

2.1.2　SlNPV 和亚致死剂量的除尽对 SOD 活力的影响：以 SlNPV 与亚致死剂量的除尽混合感染斜纹夜蛾后，测定了不同中毒期内试虫体内 SOD 活力变化，结果见表 1。

以除尽处理后，SOD 的活力没有遵循白天低晚上高的规律，SOD 最高点出现在 36 h，以后趋于平缓。SOD 活力先被抑制后逐渐被激活。除 24 h 时各组酶活性相当外，6 h 和 12 h 时低于清水对照，活力分别为清水对照的 88.6%和 74.9%，36 h、48 h 和 72 h 时活力高于清水对照的，为清水对照的 1.37、1.32 和 1.08 倍，存在显著性差异。以除尽和病毒的混合悬液处理后，SOD 遵循白天低晚上高的规律，最高点出现在 12 h，最低点出现在 24 h，12 h 以后均低于其他处理组，但差异不大。

2.2　SlNPV 和亚致死剂量的农药对 CAT 活力的影响

2.2.1　SlNPV 和亚致死剂量的乐斯本对 CAT 活力的影响：由表 2 可知，清水对照组斜纹夜蛾的 CAT 活力变化较大，12 h 时酶活性最低，72 h 时最高。酶活性随虫体发育出现一个增加的动态过程。以乐斯本处理后，酶活性最低点和最高点仍出现在 12 h 和 72 h。从 0 h 至 12 h 逐渐降低，至 12 h 最低点后逐渐升高。除在 48 h 时与清水对照组酶活性相当外，其他时间点均低于清水对照，6 h、12 h、24 h、36 h 和 72 h 的酶活性分别为对照的 70.81%、85.10%、65.87%、69.88%和 89.25%。以病毒处理后，酶活性最低点和最高点分别出现在 6 h 和 36 h。与清水对照相比，12 h 和 36 h 时的酶活性高于清水对照，其中 12 h 时的酶活性为清水对照的 2.59 倍，其他时间点均低于清水对照。以乐斯本和病毒的混合悬液处理后，酶活性最低点和最高点分别出现在 0 h 和 36 h，变化趋势与病毒处理组趋势基本一致，在乐斯本和病毒的混合作用下，12 h、24 h 和 36 h 的 CAT 活力变化十分明显，12 h、24 h 和 36 h 时的酶活性高于

清水对照组、病毒处理组和乐斯本处理组，在 $P < 0.05$ 水平上存在差异，其酶活性分别为清水对照组的 2.79、1.09 和 1.53 倍，为乐斯本处理组的 3.28、1.65 和 2.19 倍，为病毒处理组的 1.08、1.33 和 1.28 倍。在 48 h 和 72 h 时均低于其他处理组，但差别不大。可见，经过乐斯本与病毒的混合悬液处理后，斜纹夜蛾体内 CAT 活力明显地提高。

2.2.2 SlNPV 和亚致死剂量的除尽对 CAT 活力的影响：由表 2 可知，以除尽处理后，CAT 酶活性最低点和最高点分别出现在 6 h 和 36 h。以除尽和病毒的混合悬液处理后，CAT 酶活性最低点和最高点分别出现在 6 h 和 12 h，变化趋势与病毒处理组趋势基本一致。与清水对照相比，12 h 时高于清水对照，为清水对照的 2.55 倍，其他时间点均低于清水对照。与除尽处理组相比，除 12 h 和 24 h 时外，其他时间点均低于除尽处理组。与病毒处理组相比，除 24 h 时外，其他处理组均低于病毒处理组。可见，病毒和农药的共同作用对 CAT 活力影响较大，随着感染时间的延长，虫体内的 CAT 活力下降，从而扰乱了虫体正常的生理功能。

表 2 SlNPV 与亚致死剂量的乐斯本或除尽混合感染斜纹夜蛾幼虫后对 CAT 活性（$OD_{240}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$）的影响

Table 2 Effect of SlNPV, sublethal concentrations of chlorpyrifos and chlorfenapyr, and their mixtures on CAT activity（$OD_{240}\cdot mg^{-1}\cdot min^{-1}$）in *Spodoptera litura*

处理时间 Time after treatment (h)	清水 Water	病毒 SlNPV	乐斯本 Chlorpyrifos	乐斯本与病毒的混合悬液 Mixture of SlNPV and chlorpyrifos	除尽 Chlorfenapyr	除尽与病毒的混合悬液 Mixture of SlNPV and chlorfenapyr
0	14.291 ± 7.1634 a(a)	14.291 ± 7.1634 a(a)	14.291 ± 7.1634 a	14.291 ± 7.1634 a	14.291 ± 7.1634 (a)	14.291 ± 7.1634 (a)
6	18.402 ± 5.8766 a(a)	13.569 ± 2.2010 b(ab)	13.030 ± 2.5283 b	16.146 ± 6.8832 ab	12.114 ± 1.3518 (b)	10.2119 ± 1.7926 (b)
12	13.104 ± 1.1652 b(c)	33.999 ± 13.2013 a(a)	11.151 ± 6.0978 b	36.582 ± 4.9308 a	20.618 ± 4.887 (b)	33.421 ± 10.9548 (a)
24	30.790 ± 6.2742 a(a)	25.147 ± 5.7957 b(b)	20.280 ± 4.7377 c	33.490 ± 2.1670 a	24.716 ± 1.0750 (b)	29.382 ± 5.7675 (a)
36	30.660 ± 2.2176 c(b)	36.580 ± 6.7749 b(a)	21.424 ± 1.9883 d	46.815 ± 6.1379 a	36.298 ± 9.7693 (a)	31.188 ± 5.3900 (b)
48	23.638 ± 1.9937 a(b)	21.933 ± 4.7023 a(b)	24.388 ± 5.7499 a	21.546 ± 5.7120 a	34.312 ± 3.6671 (a)	21.436 ± 7.1093 (b)
72	40.801 ± 7.4944 a(a)	31.905 ± 15.3304 b(b)	36.413 ± 5.5277 ab	30.497 ± 1.9130 b	34.194 ± 4.7884 (ab)	28.335 ± 6.6756 (b)

2.3 SlNPV 和亚致死剂量的农药对 POD 活力的影响

在正常和中毒的斜纹夜蛾幼虫体中，用 1.2.5 节中的方法和其他测定方法均未测出 POD 的活力。

3 讨论

国内外学者已多次报道，化学药剂与病毒制剂混合使用后，可有效地提高病毒制剂的杀虫效果，达到增效目的。据匡石滋等（2005b）研究，乐斯本和除尽分别与 SlNPV 混合后具有相互增效作用，能提高供试斜纹夜蛾的最终死亡率。但是关于农药和病毒增效的机理研究报道较少。本研究测定了 SlNPV 与亚致死剂量的乐斯本、除尽混用后对斜纹夜蛾体内保护酶系的影响。

本研究结果表明，对于 SOD 来说，正常虫体的活性变化表现出随昼夜变化的规律性，经乐斯本和病毒处理后，变化不大或稍低于清水对照，经乐斯本和病毒混合悬液处理后，12 h、24 h 和 36 h 均高于其他处理组；经除尽处理后，SOD 活力先被抑制后被激活，24 h 以前低于清水对照，24 h 后高于清水对照，经除尽和病毒混合悬液处理后，12 h 以后均低于所有其他处理组。对于 CAT 来说，经乐斯本处理后，除 48 h 酶活性相当外，其他时间均低于清水对照，经病毒处理后，除 12 h 和 36 h 时酶活性高于清水对照外，其他时间均低于清水对照；经乐斯本和病毒混合悬液处理后，12 h、24 h 和 36 h 时均高于所有其他处理组。经除尽处理后，变化趋势与清水对照相差较大，经除尽和病毒的混合悬液处理后，除 12 h 明显高于清水对照外，其他时间均低于清水对照。总之，经两种化学农药、病毒以及两者混合液处理斜纹夜蛾幼虫后，虫体内的 CAT 变化幅度较大，SOD 次之，而 POD 未被检出。说明本实验中农药与病毒混合后，主要影响了虫体内 CAT 活性的变化。

然而，杀虫剂和病毒在昆虫体内的反应及代谢非常复杂，仅靠测定保护酶系统的变化难以全面阐述其增效的作用机理，有关杀虫剂和病毒相互增效的作用机理、以及农药中助剂对昆虫体内酶系统的影响等，都有待于进一步的研究。

参 考 文 献（References）

Bai DQ, Lu FP, Wang Y, Du LX, Guo M, 2005. Effects of live yeast cell derivatives on antioxidatives and some of immune activities in *Tinca tinca*. *Acta Zool. Sin.*, 51(4): 664 – 668. [白东清，路福平，王玉，杜连祥，郭梅，2005. 活酵母衍生物对丁鱥抗氧化能力和部

分免疫活性指标的影响. 动物学报,51(4):664－668]

Beauchamp CO, Fridovich I, 1971. Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. *Anal. Biochem.*, 44:276－287.

Bradford MM, 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of nicrogram quantities of protein-dye bindng. *Anal. Biochem.*, 72:248－254.

Jordao BP, Terra WR, Ribeiro AF, 1996. Trypsin secretion in *Musca domestica* larval midguts: a biochemical and immunocytochemical study. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 26(4):337－347.

Kuang SZ, Wang XR, Zhang H, Wu JF, Shi YQ, Huang BX, 2005a. Effects of pesticides of PrGV and AfNPV against *Pieris rapae* and *Plutella xylostella* in the field. *Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology*, 18(2):25－27. [**匡石滋,王晓容,张慧,吴洁芳,石尧清,黄炳雄**, 2005a. **两种昆虫病毒制剂对菜粉蝶和小菜蛾的田间防治效果. 仲恺农业技术学院学报**, 18(2):25－27]

Kuang SZ, Zhang H, Wang XR, Wu JF, Lu ZZ, 2005b. Study on synergetic action of *Spodoptera litura* F. nuclear polyhedrosis virus in combination with chemical insecticides. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 24(5):455－458. [**匡石滋,张慧,王晓容,吴洁芳,吕作舟**, 2005b. 2 **种化学农药对斜纹夜蛾核型多角体病毒的增效作用研究. 华中农业大学学报**, 24(5):455－458]

Li ZZ, Shen HJ, Jiang QG, Ji BZ, 1994. A study of the activities of endogenous enzymes of protective system in some insects. *Acta Entomol. Sin.*, 37(4):399－403. [**李周直,沈惠娟,蒋巧根,嵇保中**,1994. **几种昆虫体内保护酶系统活力的研究. 昆虫学报**, 37(4):399－403]

Liu QK, Zhu GN, 1999. The New Manual of How to Use Pesticides. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers. 60－62. [**刘乾开,朱国念**,1999. **新编农药使用手册. 上海:上海科学技术出版社**. 60－62]

Malecka A, Jarmuszkewicz W, Omaszewska B, 2001. Antioxidative defense to lend stress in subcellular compartments of pea root cells. *Acta Biochimica Polonica*, 48(3):687－698.

Nancy B, 2000. The range of insect virus. *Bioscience*, 50(4):371－373.

Simon LM, Fatrai Z, Jonas DE, 1974. Study of peroxide metabolism enzymes during the development of *Phaseolus vulgris*. *Biochem. Physiol.*, 166:387－392.

Wan CS, Sun XL, Zhang GY, 2000. Synergism of *Helicoverpa armigera* nucleopolyhedrovirus in combinations with the chemical insecticides and lecithin. *Acta Entomol. Sin.*, 43(4):346－355. [**万成松,孙修炼,张光裕**,2000. **棉铃虫核型多角体病毒与化学杀虫剂和卵磷脂混用的增效作用. 昆虫学报**,43(4):346－355]

Wang XR, Deng HB, Kuang SZ, Wu JF, Xing QM, Lian ST, 2003. The effects of NPV on esterase and phenoloxidase activities from *Helicoverpa armigera* hemolymph. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 22(6):553－556. [**王晓容,邓海滨,匡石滋,吴洁芳,邢巧梅,连书亭**,2003. **核型多角体病毒对棉铃虫酯酶和酚氧化酶的影响. 华中农业大学学报**, 22(6):553－556]

Wu JF, Kuang SZ, Wang XR, Shi YQ, 2004. The effects of NPV on the activities of esterases and phenoloxidases in *Spodoptera litura*. *Journal of Zhongkai University of Agriculture and Technology*, 17(2):23－27. [**吴洁芳,匡石滋,王晓容,石尧清**,2004. **核型多角体病毒对斜纹夜蛾两种酶活性的影响. 仲恺农业技术学院学报**,17(2):23－27]

Xia B, Shi T, Liang P, Gao XW, 2002. Effect of sublethal concentration of insecticides on the carboxylesterase in diamondback moth, *Plutella xylostella* (L.). *Chinese Journal of Pesticide Science*, 4(1):23－27. [**夏冰,石泰,梁沛,高希武**,2002. **杀虫剂亚致死剂量对小菜蛾羧酸酯酶的影响. 农药学学报**,4(1):23－27]

Xu SC, Jiang MG, 2003. Research and development of chlorfenapyr. *Chinese Journal of Pesticides*, 42:5－8. [**徐尚成,蒋木庚**,2003. **溴虫腈的研究与开发进展. 农药**, 42:5－8]

Zhang YJ, Wang GF, Wu QJ, Xu BY, Bai LY, Zhu GR, Zhang WJ, 2003. The toxicity of spinosad to beet armyworm and its effect on endogenous enzymes of protective system. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 5(3):31－38. [**张友军,王光锋,吴青君,徐宝云,柏连阳,朱国仁,张文吉**,2003. **杀菌素对不同发育阶段甜菜夜蛾的毒力及其体内超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶的影响. 农药学学报**,5(3):31－38]

(责任编辑:黄玲巧)